

2. Гуманитарные технологии Аналитический портал • ISSN 2310-1792  
<http://gtmarket.ru/concepts/6948>
3. Карякин Ю.В. О циклах познания в образовательном процессе/ Ю.В. Карякин, М.С. Полонская/Гуманитарное и естественнонаучное образование/Математика. Компьютер. Образование: Сб. научн. трудов. Выпуск 22. №3 – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2015, с. 49-56.
4. Карякин Ю.В. Процесс образования в высшей школе: парадигмальность, концептуальность / Ю.В. Карякин, Е.А. Тунда. –LAP LAMBERT Academic Publishing. – Germany, 2014. 301стр.
5. Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник М. Издательство: Наука 1975, 721с.
6. Леонтьев А.Н. Образ мира, Избр. Психолог. Произведения, М.: Педагогика, 1983, с. 251-261.
7. НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС» ХОРВАТ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА ВУЗА КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕКУЛЬТУРНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ Диссертация. Специальность 13.00.08 – теория и методика профессионального образования. [http://www.firo.ru/wp-content/uploads/2015/09/Horvat\\_n.pdf](http://www.firo.ru/wp-content/uploads/2015/09/Horvat_n.pdf)
8. Профи – соци – лингва: инновационная управленческая, научно-образовательная и воспитательная среда, обеспечивающая повышение конкурентоспособности и мобильности студентов и выпускников, международного престижа, экспортного потенциала и миротворческого ресурса российского вуза. <https://refdb.ru/look/1324260-pall.html>
9. Технология разработки учебного курса / <http://allrefrs.ru/3-2790.html>

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПЕДАНСА

*Е.С. Королюк*

*(г. Томск, Томский политехнический университет,  
Сибирский государственный медицинский университет)  
e-mail: esk13@tpu.ru*

## VISUALIZATION OF BIOLOGICAL TISSUE FOR MEASURING IMPEDANCE

*E. Korolyuk*

*(Tomsk, Tomsk Polytechnic University, Siberian state medical university)*

**Abstract.** One of the main problems in cryomedicine, is the difficulty to determine the depth in cryotherapy application. The individual characteristics of the tissue, different cooling rate and high temperature gradients during freezing, causing difficulty to determining accurate assessment of freeze depth. One of the most accurate methods for determining the degree of tissue cryodamage and cryonecrosis is to measure the active component of the tissue impedance. The cryosurgery is a perspective method of treatment, and use of additional visualization resources will allow to expand possibilities of the medical cryosurgical equipment and to increase quality of the performed cryosurgeries.

**Keywords:** impedance, electrical impedance tomography, EIT, impedance imaging, cold therapy, cryomedicine, cryotherapy.

**Введение.** Одной из основных проблем применения холода в медицине является трудность в определении границ и глубины криовоздействия. Вследствие индивидуальных особенностей ткани, различной скорости охлаждения и высоких градиентов температур во

время замораживания, не всегда удастся точно определить глубину промерзания ткани. Чрезмерное воздействие холода может стать причиной образования обструкций в системе органов, перфорации и повреждения здоровых тканей. При недостаточной интенсивности воздействия проведенная процедура может оказаться неэффективной и привести к развитию как локальных осложнений в виде воспалительного процесса, так и системных, таких как послеоперационная тромбоэмболия и сепсис.

Установлено, что из-за особенности клеток независимо от типа охлаждения невозможно разрушать большие объемы тканей. Для увеличения контроля и повышения качества криодеструкции необходимо рассмотреть возможные варианты визуализации образования льда в биологических тканях – магнитноэзонансную, компьютерную и ультразвуковую томографию. Вследствие различных ограничений и недостатков данные типы томографий проблематично, либо невозможно использовать в криохирургии. Большинство описанных недостатков и ограничений можно преодолеть с помощью томографического метода исследований – электрической импедансной томографии (ЭИТ).

Особенностью данного метода по сравнению с другими, является дешевизна процедуры, безопасность (используется переменный ток величиной не более 10 мА) и отсутствие боли для пациента. Таким образом, с помощью измерения импеданса можно будет регистрировать, и визуализировать образование ледяных структур внутри биологической ткани [1,2].

**Приборы для измерения импеданса в биологических тканях.** Существует некоторые важные особенности измерения импеданса. Существуют важные особенности измерения импеданса биологических объектов по сравнению с измерениями в других сферах. К основным ограничениям, которые связаны с особенностями строения биологической ткани, относятся поляризацию биологической ткани и необходимость использования различных частотных диапазонов. Вследствие этих недостатков необходимо использовать специализированную аппаратуру.

Первые одночастотные биоимпедансные анализаторы частей тела человека появились еще в начале 1980-х годов. Электроды располагались между двумя областями тела, либо между конечностями (стандартное расположение). Кабель, идущий от прибора к пациенту, показывал, к какой конечности необходимо подключать электрод. Обычно это была правая рука и правая нога. Они работали, на определенной частоте равной 20 или 50 кГц.

В это время стали разрабатываться прототипы для получения изображений с помощью импеданса. Первые опубликованные томографические изображения были получены Бабером и Брауном в 1982-1983 годах. Были показаны изображения рук, на которых области повышенного сопротивления примерно соответствовали костям и жиру. В дальнейшем, по мере развития ЭИТ были получены и опубликованы изображения опорожненного желудка, сердечного цикла и цикла вентиляции легких в грудной клетке.

Эти же ученые разработали первую клиническую систему для импедансной томографии в отделе медицинской физики в Шеффилде в 1987 году [3]. Это был коммерчески доступный прототип, называемый системой Sheffield Mark 1, который широко применялся для проведения различных клинических исследований и до сих пор используется некоторыми исследовательскими центрами, занимающимися импедансной томографией. Это была 16-канальная система, которая проводила несколько измерений импеданса, что позволяло и получать примерно 10 изображений в секунду. Преимуществами Sheffield Mark 1 [4] по сравнению с ультразвуковыми, КТ и МРТ-сканерами были его низкая стоимость и портативность. Однако, полученные изображения были низкого разрешения и импедансная томография не получила широкого клинического применения [5].

В 1987 году группа ученых в Оксфорде предложила использовать импедансную томографию для изображения мозга новорожденного ребенка [6]. Они разработали клиническую систему импедансной томографии и получили предварительные томографические изображения у двух новорожденных. В их системе использовалось 16 электродов расположенных вокруг головы в виде кольца. Но в отличие от системы Sheffield, ток протекал между парами

электродов, расположенных друг напротив друга. Это увеличивало количество путей протекания тока и повышало чувствительность разработанной системы к изменению импеданса внутри мозга.

В конце 1990-х в связи с развитием электроники усилия разработчиков технических средств и методов, связанных с импедансометрией активно сосредоточились на улучшении метрологических характеристик медицинской аппаратуры – увеличении точности в оценки импеданса за счет передовых методов анализа и обработки биосигналов. В это же время началось серийное производство анализаторов биоимпеданса.

С момента первого появления систем импедансной томографии, научные группы начали разрабатывать свои собственные системы, а также программное обеспечение для реконструкции изображений. В настоящее время проводятся работы по визуализации вентиляции легких, сердечной функции, опорожненного желудка, а также исследования функционального состояния мозга, его патологий, скрининг рака молочной железы. В этих областях были проведены комплексные экспериментальные и доказательные исследования. В 1999 году FDA (управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов в США) одобрило метод сканирования с помощью импеданса для выявления рака молочной железы и начались продажи оборудования. Но остаются неясными возможности использования импедансной спектроскопии и томографии.

А.В. Корженевский и В.А. Черепенин из Института радиотехники и электроники РАН в 1997 - 1998 гг. смогли решить математическую задачу визуализации внутренних тканей человеческого тела с помощью импедансной томографии и создали первый электроимпедансный миограф [7]. В настоящее время метод получил широкое развитие. По сравнению с традиционными методами, такими как рентген или УЗИ, электроимпедансная томография незначительно уступает в точности диагностирования патологий молочной железы. Однако благодаря своим особенностям: скорости и возможности многократного прохождения процедуры, импедансная маммография получила применение в медицине.

С целью совершенствования технологий и программного обеспечения в 2001 году компании Drager и Gottingen EIT group [8] начали сотрудничать. Компания Drager планировала использовать импедансную томографию для экспериментальных исследований и клинической практики. В 2007 году компания разработала новое устройство Pulmo Vista 500 [47], которое на сегодняшний день является одним из самых успешных коммерческих проектов для импедансной томографии легких в мире

В других областях медицины импедансная томография еще не нашла свое клиническое применение. Однако продолжают работы [9,10] по внедрению ЭИТ для оценивания баланса жидкости в организме, исследования функционального состояния головного мозга, определения параметров костной ткани и легочных перфузий.

**Заключение.** Криохирургией называют хирургическим методом удаления ненужной ткани с помощью холода, который применяется в различных областях медицины.

Анализ исследованной литературы показывает путь развития современных систем для измерения импеданса. Можно сделать вывод, что основное направление развития идет в сторону многочастотных систем, а так же увеличения количества измеряемых каналов. На сегодняшний день в такие системы нашли свое применение в системах диагностики легких, маммографии, системах оценки соотношения жировой, костной и мышечной ткани в организме.

Известно, что низкие температуры крайне опасны для живых организмов. После заморозки ткани резко увеличивается ее импеданс [1]. С другой стороны, для эффективного криовоздействия необходимо увеличивать глубину проникновения холода. Но чем больше глубина проникновения холода, тем становится сложнее контролировать процесс криодеструкции. Используя многократные измерения импеданса, можно будет контролировать данный процесс.

Криохирургия позволяет удалять различные доброкачественные и злокачественные образований и должна рассматриваться как разумная альтернатива хирургии и электрохирургии в медицине. С помощью использования дополнительных средств на основе электрической импедансной томографии для визуализации образования ледяных структур в биологической ткани можно будет значительно повысить возможности медицинской криохирургической аппаратуры и качество проведения криохирургических операций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Korolyuk E., Brazovskii K. Improved system for identifying biological tissue temperature using electrical impedance tomography //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Vol. 158. – P. 01019.
2. Королюк Е. С., Ханахмедова Г. Б. Повышение эффективности определения степени криовоздействия с помощью импедансной томографии //Инженерия для освоения космоса: сборник научных трудов V Международного молодежного форума, г. Томск, 18-20 апреля 2017 г.— Томск, 2017. – 2017. – С. 84-87.
3. Barber D. C., Brown B. H., Freeston I. L. Imaging spatial distributions of resistivity using applied potential tomography—APT //Information Processing in Medical Imaging. – Springer, Dordrecht, 1984. – P. 446-462.
4. Brown B. H., Seagar A. D. The Sheffield data collection system //Clinical Physics and Physiological Measurement. – 1987. – Vol. 8. – №. 4A. – P. 91.
5. Brown B. H. Electrical impedance tomography (EIT): a review //Journal of medical engineering & technology. – 2003. – Vol. 27. – №. 3. – P. 97-108.
6. Murphy D. et al. Impedance imaging in the newborn //Clinical Physics and Physiological Measurement. – 1987. – Vol. 8. – №. 4A. – P. 131.
7. Brand R. A. Biographical Sketch: Otto Heinrich Warburg, PhD, MD //Clinical Orthopaedics and Related Research®. – 2010. – Vol. 468. – №. 11. – P. 2831-2832.
8. EIT Research Groups – режим доступа: <http://www.eit.org.uk/groups.html> - заглавие с экрана (Дата обращения: 15.11.2018).
9. Пеккер Я.С., Бразовский К.С., Усов В.Н. Электроимпедансная томография. – Томск: НТЛ, 2004. – 192 с.
10. Korolyuk E. S., Brazovskii K. S. A RESEARCH STUDY OF THE DEPENDENCE OF BIOIMPEDANCE SPECTRUM OF BIOLOGICAL TISSUE ON DIFFERENT TEMPERATURE RANGES //МОЛОДЁЖЬ И СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. – 2018. – С. 378-379.

#### РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА<sup>1</sup>

*А.В. Косов, А.В. Матохина*

*(г. Волгоград, Волгоградский Государственный Технический Университет)*

*e-mail: kosivmashadez@gmail.com*

#### DEVELOPMENT OF A VISUAL MICROCONTROLLER PROGRAMMING ENVIRONMENT

*A.V. Kosov, A.V. Matohina*

*(Volgograd, Volgograd State Technical University)*

*e-mail: kosivmashadez1997@gmail.com*

**Abstract.** This article is devoted to the development of the visual microcontroller software environment. Python, which allows you to work with a microcontroller and program it under any conditions. This

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-07-00611А).